

## MODEL PERKEMBANGAN LAJU SEDIMENTASI DI WADUK BAKARU AKIBAT EROSI YANG TERJADI DI HULU SUB DAS MAMASA PROPINSI SULAWESI SELATAN

Abdul Wahid \*

### Abstract

*The objective of the research is to investigate the development of sedimentation rate model at bakaru dam as the impact of erosion at up stream sub DAS Mamasa South Sulawesi Province.*

*The research was conducted at the hydroelectric power plant Bakaru Dam and up stream of Mamasa watershed. Survey method used with taking samples of the result water volume measurement in Bakaru DAM. Taking samples was done sensusly, because 14 samples only to the populations that representatif the rearch area. And also sedimentation was analyzed by regressi non lienar.*

*The results of this research indicated that, sedimentation model flow into the Dam tends polynomial function  $Y = -0.26X^2 + 2.553,26X - 38.888,57$  with  $R^2=0,98$  and affected significantly the impact of erosion at up stream sub DAS Mamasa.*

**Key word:** Sedimentation and Erosion.

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui model perkembangan laju sedimentasi di waduk Bakaru akibat erosi yang terjadi di hulu Sub DAS Mamasa Provinsi Sulawesi Selatan.

Penelitian ini dilaksanakan di lokasi Waduk Pembangkit Listrik Tenaga Air Bakaru dan di Hulu Sub DAS Mamasa. Metode yang digunakan adalah metode observasi dengan mengambil sampel hasil pengukuran volume air di dalam waduk Bakaru. Pengambilan sampel tersebut dilakukan secara sensus karena jumlah sampel hanya 14 sampel jadi sampel itu juga yang merupakan populasi yang tentu mewakili lokasi penelitian. Data laju sedimentasi dianalisis dengan regresi non linear.

Hasil penelitian menunjukkan model perkembangan laju sedimentasi di waduk Bakaru mengikuti perkembangan model polinomial  $Y = -0.26X^2 + 2.553,26X - 38.888,57$  dengan  $R^2=0,98$ . dan sangat signifikan dan dapat diterima akibat erosi yang terjadi di hulu Sub DAS Mamasa.

**Kata kunci:** Erosi dan sedimentasi

### 1. Pendahuluan

Gambaran kerusakan DAS dan degradasi lahan skala nasional menunjukkan peningkatan setiap tahunnya, pada tahun 1984 terdapat 22 DAS dalam keadaan kritis dengan luas lahan 9.699.000 hektar, kemudian meningkat menjadi 39 DAS pada tahun 1994 dengan luas lahan kritis mencapai 12.517.632 ha dan meningkat lagi menjadi 42 DAS dengan luas lahan kritis mencapai 23.714.000 ha, sehingga

pemerintah pada tahun 1999 membuat Surat Keputusan Menteri Kehutanan dan Perkebunan No. 284/Kpts-II/1999 tanggal 7 Mei 1999 tentang Penetapan Urutan Prioritas Daerah Aliran Sungai dengan jumlah DAS prioritas telah ditetapkan menjadi 472 DAS yang tersebar diseluruh Indonesia. Dari jumlah tersebut 224 diantaranya berada di Kawasan Timur Indonesia dan 62 DAS merupakan prioritas I (33 di KBI dan 29 di KTI), 232 DAS prioritas II (133 di KBI dan 99 di KTI),

---

• Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

dan 178 DAS prioritas III (82 di KBI dan 96 di KTI).

Kerusakan DAS Sulawesi Selatan sudah mencapai kisaran 50 persen dari total luas lahan ditiga DAS prioritas (DAS Saddang, DAS Jeneberang dan DAS Walanae), ketiganya masih terus meningkat dan memprihatinkan karena berdampak kepada persoalan banjir dan kekeringan akibat adanya pendangkalan badan sungai dan sedimentasi kian tahun kian meningkat di waduk. Kejadian seperti itu juga terjadi di sub DAS Mamasa menurut Dinas Kehutanan Kabupaten Mamasa tahun 2005 terdapat lahan kritis seluas 8.450 Ha dengan rincian 5.025 Ha terdapat dalam kawasan hutan dan 3.425 Ha terletak diluar kawasan hutan, lahan kritis itu disebabkan berbagai faktor diantaranya pendidikan, penguasaan teknologi, konservasi tanah, kemiskinan dan sosial budaya serta morfologi sungai Mamasa yang dipengaruhi oleh keadaan topografinya. Panjang aliran sungai utama Mamasa 183 km, dengan 19 anak sungai besar dan 66 anak sungai kecil dan sungainya mengalir dari arah utara ke selatan dan kemudian berbelok ke arah Barat DAM Garugu yang merupakan daerah tangkapan air PLTA Bakar. Berdasarkan laporan Balitbangda (2005) dan Paembonan (2002) menyatakan luas wilayah sub DAS Mamasa adalah 108.000 Ha terletak sebagian besar di wilayah Kabupaten Mamasa Provinsi Sulawesi Barat seluas 87.950 Ha, sebagian lagi di wilayah Provinsi Sulawesi Selatan yaitu di Kabupaten Pinrang seluas 16.200 Ha dan di Kabupaten Tana Toraja seluas 3.850 Ha.

Waduk Bakar terletak di bagian hilir DAS Mamasa yang secara geografis antara 3°30'00"-2°51'00"LS dan 119°15'00"-119°45'00"BT yang dibangun khusus untuk PLTA dan terletak di Desa Ullusaddang, Kecamatan Lembang, Kabupaten Pinrang, Provinsi Sulawesi Selatan atau sekitar 250 km sebelah utara dari kota Makassar. PLTA Bakar merupakan pembangkit listrik

tenaga air type Run of River dengan kapasitas pembangkit sebesar 2 unit x 63 MW. Energi listrik sebesar itu, diharapkan mampu mensuplai kebutuhan listrik untuk kegiatan pembangunan dan industri di Provinsi Sulawesi Selatan dan Sulawesi Barat. Tapi dalam perkembangannya ternyata PLTA Bakar tidak mampu lagi memproduksi energi listrik seperti apa yang direncanakan, menurut sektor Bakar kondisi eksisting waduk akibat banyaknya sedimentasi mempengaruhi debit inflow rata-rata 30 m<sup>3</sup>/dtk sehingga produksi energi listrik hanya 1 unit x 63 MW dan berdampak kepada umur kapasitas waduk akan menurun dari 50 tahun menjadi 15 tahun. Hal tersebut dikarenakan adanya laju sedimen yang begitu cepat berdasarkan hasil penelitian Unhas bekerjasama PT. PLN sektor Bakar rata-rata 423.800 m<sup>3</sup>/tahun bila dibandingkan pada saat perencanaan detail tahun 1982 oleh Newjec (1990) rata-rata 133.000 m<sup>3</sup>/tahun, maka waduk akan penuh dengan sedimen karena air yang bisa ditampung di waduk saat ini sisa 588.500 m<sup>3</sup> dari kapasitas tampung 6.919.900 m<sup>3</sup> berarti waduk sudah terisi dengan sedimen sebanyak 6.331.400 m<sup>3</sup>.

Masalah laju sedimen beserta karakteristiknya merupakan kajian yang sangat penting karena sudah 3 kali dilakukan penelitian tentang itu, *pertama* tahun 2002 tentang Sedimentasi Bakar kerjasama Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Daerah (Bapedalda) Propinsi Sulawesi Selatan dengan LPM Universitas Hasanuddin Devisi Pengembangan Teknologi Pengelolaan DAS, *kedua* tahun 2005 tentang Kondisi Eksisting Dam Bakar Terhadap Ketersediaan Energi Listrik di Sulawesi Selatan yang dilakukan oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah (Balitbangda) Propinsi Sulawesi Selatan, dan *ketiga* tahun 2007 tentang Penyebaran Endapan Pasir Kwarsa Di Sekitar Waduk PLTA Bakar oleh Lembaga Mitra Lingkungan.

Dalam rangka berpikir seperti itulah, maka peneliti melihat faktor utama penyebab tidak optimalnya fungsi PLTA Bakaru ada dua, *pertama* dari faktor laju sedimentasi, dan *kedua* dari faktor karakteristik sedimentasi. Kedua masalah itu sangat terkait dengan upaya yang telah berkali-kali dilakukan oleh PT. PLN sektor Bakaru yang ternyata tidak memberi hasil yang signifikan, olehnya itu dilakukan lagi berbagai kajian dan penelitian seperti yang telah dikemukakan dalam latar belakang, sehingga peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tahap pertama tentang Model Perkembangan Laju Sedimentasi di Waduk Bakaru Akibat Erosi Yang Terjadi Di Hulu Sub DAS Mamasa, penelitian ini akan terkait dengan kebijakan sektor energi listrik yang terus digulirkan pemerintah setelah Surat Keputusan Bersama (SKB) lima menteri tentang pengalihan hari kerja, dan kini pemerintah kembali akan menyiapkan SKB dua menteri untuk menyalurkan pelanggan bisnis dalam hal penghematan listrik.

Setelah mengetahui penelitian tahap pertama tentang bagaimana model perkembangannya, maka peneliti akan melanjutkan ke tahap kedua yaitu bagaimana karakteristik sedimentasinya yang ada dalam waduk PLTA Bakaru, dan setelah itu ditemukan barulah di lanjutkan ke tahap ketiga yaitu bagaimana pengendalian sedimentasi dengan cara melakukan percobaan **model tes** di Laboratorium Mekanika Tanah persis kondisi sedimentasi yang ditemukan serta debit air yang terjadi agar percobaan tersebut seperti dilakukan dalam waduk PLTA Bakaru yang ada di lapangan.

### 1.1 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, dirumuskan masalah penelitian ini sebagai berikut :  
Bagaimana Model Perkembangan Laju Sedimentasi Di Waduk Bakaru Akibat Erosi Yang Terjadi Di Hulu Sub DAS Mamasa?

### 1.2 Tujuan dan kegunaan penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian adalah Ingin Mengetahui Model Perkembangan Laju Sedimentasi Di Waduk Bakaru Akibat Erosi Yang Terjadi Di Hulu Sub DAS Mamasa.

Hasil penelitian ini diharapkan berguna sebagai bahan informasi yang mendukung :

1. Pengembangan ilmu pengetahuan di bidang Teknik Sipil dan Kehutanan.
2. Pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya terkait dengan penanggulangan sedimentasi dan erosi.
3. Penyusunan kebijakan dan atau perencanaan pengelolaan DAS Terpadu.
4. Penyusunan dan pengembangan upaya-upaya pengelolaan PLTA Bakaru dalam rangka penanggulangan masalah sedimentasi di waduk Bakaru sehingga PLTA tersebut kembali berfungsi secara optimal.

## 2. Metode Penelitian

### 2. 1. Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di lokasi Waduk Pembangkit Listrik Tenaga Air Bakaru di Desa Ulusaddang Kecamatan Lembang Kabupaten Pinrang Provinsi Sulawesi Selatan, sekitar 250 km sebelah utara dari kota Makassar atau sekitar 200 km dari kota Mamuju Provinsi Sulawesi Barat dan di Hulu Sub DAS Mamasa.

Waktu penelitian ini dilaksanakan selama 6 (enam) bulan, yaitu dimulai bulan Januari 2008 sampai Juni 2008.

### 2.2. Populasi dan sampel penelitian

Populasi dalam pelaksanaan penelitian ini juga merupakan sampel karena jumlah sampel hanya sedikit yaitu 14 sampel yang terdiri dari :

Sampel pada saat penggenangan oleh konsultan New-Jec dari Jepang tahun 1990, kemudian

sampel pengukuran tinggi muka air di waduk oleh PT. PLN (persero) Sektor Bakaru pada tahun 1994, 1995, dan 1996.

Selanjutnya sampel pengukuran tinggi muka air di waduk dilanjutkan lagi oleh Pusat Studi Lingkungan Universitas Hasanuddin pada tahun 1997 sampai tahun 1999.

Kemudian sampel pengukuran tinggi muka air di waduk dilakukan lagi kembali oleh PT. PLN (persero) Sektor Bakaru tahun 2000 dan pada tahun yang sama juga dilakukan lagi pengukuran tinggi muka air di waduk oleh Pusat Studi Lingkungan (PSL) Universitas Hasanuddin.

Pada tahun 2001 dilakukan lagi pengukuran tinggi muka air di waduk oleh Lembaga Pengabdian Pada Masyarakat (LPPM) Universitas Hasanuddin.

Kemudian dilanjutkan pengukuran tinggi muka air di waduk oleh PT. PLN (persero) Sektor Bakaru pada tahun 2001 dan 2002, selanjutnya kembali diukur lagi pengukuran tinggi muka air di waduk oleh Lembaga Pengabdian Pada Masyarakat (LPPM) Universitas Hasanuddin pada tahun 2004, dan seterusnya tahun 2005 sampai tahun terakhir 2006 dilakukan pengukuran tinggi muka air di waduk oleh PT. PLN (persero) Sektor Bakaru.

### 2.3 Jenis dan sumber data

Jenis data dalam penelitian ini adalah data sekunder. Sumber data sekunder diambil dari Kantor PT. PLN (Persero) Wilayah Sulselrabar yang berkedudukan di Jalan Letjen Hertasning Makassar dan di Kantor PT. PLN Sektor Bakaru yang berkedudukan di Jalan Bau Masepe dan sekarang di Jalan M.Arsyad Pare-Pare.

### 2.4 Metode pengumpulan data

Metode pengambilan data sekunder diambil dengan cara sensus dari Kantor PT. PLN (persero) Wilayah Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, dan Sulawesi Barat yang berkedudukan di Jalan Letjen Hertasning Makassar dan

di Kantor PT. PLN (persero) Sektor Bakaru yang berkedudukan di Jalan Bau Masepe dan sekarang di Jalan M.Arsyad Pare-Pare.

Data sekunder yang telah diambil secara keseluruhan dari dua sumber, yaitu dari Kantor PT. PLN (persero) Wilayah Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, dan Sulawesi Barat dan dari Kantor PT. PLN (persero) Sektor Bakaru dikumpulkan berdasarkan volume air di waduk yang dihitung kembali pada saat waktu pengukurannya.

### 2.5 Analisis data

Analisis data untuk mengetahui model perkembangan laju sedimentasi di waduk Bakaru akibat erosi yang terjadi di Hulu Sub DAS Mamasa, dilakukan dengan cara analisis regresi non linear berdasarkan fenomena hidrologi yang terdiri dari dua variabel berpasangan ( $X$ =variabel bebas adalah tahun pengukuran yang dikonversi jumlah hari saat pengukuran dan  $Y$ =variabel tidak bebas adalah volume sedimentasi yang ada di waduk Bakaru) dan pendekatan besarnya nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ), selanjutnya model tersebut akan diuji dua sisi dengan tingkat kepercayaan 95% diterima atau ditolak.

Selanjutnya setelah ditemukan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) akan memberikan informasi tentang kemampuan variabel terkait untuk menjelaskan variabel bebas pada saat variabel-variabel berada dalam satu sistem DAS.

Kemudian hasil tersebut diuji dua sisi dengan tingkat kepercayaan 95% tersebut terhadap batas daerah kepercayaan tentang data sedimen yang dimodelkan apakah berpengaruh sangat signifikan atau tidak signifikan.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Hasil penelitian

Berdasarkan hasil olah data perkembangan laju sedimentasi di waduk Bakaru, diperoleh kenaikan dan

penurunan volume sedimen tiap tahun, seperti terlihat pada Tabel 1.

Perkembangan sedimentasi setelah penggenangan 30 September 1990 sangat signifikan kenaikannya dari 0 m<sup>3</sup> menjadi 2.450.203 m<sup>3</sup>, 5 tahun kemudian terjadi penambahan sedimen rata-rata 1.203.527 m<sup>3</sup> tahun berikutnya terjadi penurunan 433.298 m<sup>3</sup>, 3 tahun kemudian terjadi kenaikan rata-rata 162.885 m<sup>3</sup>, tahun berikutnya terjadi penurunan sebesar 136.561 m<sup>3</sup> dan di tahun 2004 ada kenaikan sebesar 418.890 m<sup>3</sup>, 2 tahun terakhir ini terjadi

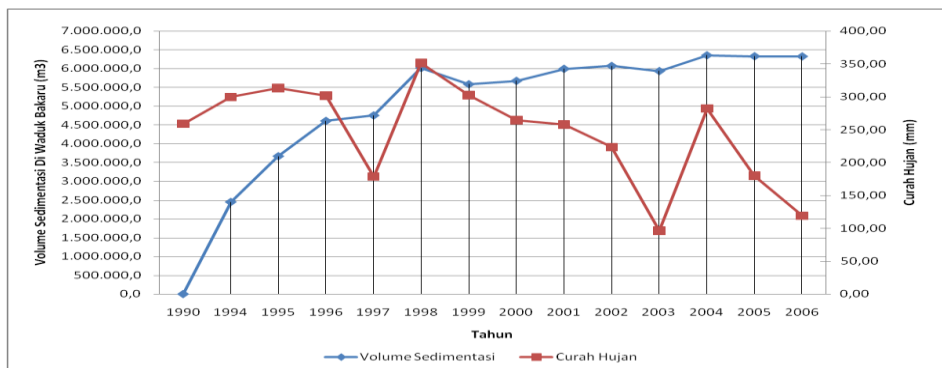
penurunan yang tidak signifikan 23.921 m<sup>3</sup> di tahun 2005 dan di tahun 2006 hanya 5.210 m<sup>3</sup>.

Kejadian seperti di atas, merupakan hukum alam seperti pada Gambar 1 berikut ini yang menjelaskan hubungan curah hujan terhadap volume sedimentasi, dan terbukti secara grafik bahwa naiknya laju sedimentasi ternyata dipengaruhi oleh curah hujan yang terjadi juga naik, demikian pula sebaliknya jika menurun laju sedimentasi maka curah hujan yang terjadi juga menurun.

**Tabel 1. Perkembangan Laju Sedimentasi Di Dalam Waduk Bakaru**

No.	Uraian	Waktu Pengukuran (Hari) <b>Xi</b>	Volume Air di Waduk (m <sup>3</sup> )	Volume Sedimen di Waduk elv 615,50 (m <sup>3</sup> ) <b>Yi</b>	Volume Sedimen di Waduk di atas 615,50 (m <sup>3</sup> )	Volume sedimen yang mengendap (m <sup>3</sup> )	Kenaikan dan Penurunan Volume Sedimen di Waduk (m <sup>3</sup> )
1	Penggenangan New-Jec (30-Sep-90)	0	6.919.900	0	0	0	0
2	Pengukuran PLN SBKR (Feb-1994)	1.220	4.469.697	2.450.203	0	0	2.450.203
3	Pengukuran PLN PST (Okt-1995)	1.827	3.250.000	3.669.900	0	0	1.219.697
4	Pengukuran PLN SBKR (Sep-1996)	2.163	2.310.498	4.609.402	0	0	939.502
5	Pengukuran PSL UNHAS (Okt-1997)	2.558	2.165.506	4.754.394	0	0	144.992
6	Pengukuran PSL UNHAS (Apr-1999)	3.105	902.265	6.017.635	0	0	1.263.241
7	Pengukuran PLN SBKR (Mar-2000)	3.440	1.335.563	5.584.337	0	0	-433.298
8	Pengukuran PSL UNHAS (Nop-2000)	3.685	1.245.210	5.674.690	0	0	90.353
9	Pengukuran LPPM UNHAS (Apr-2001)	3.836	923.249	5.996.651	0	0	321.961
10	Pengukuran PLN SBKR (Des-2001)	4.080	846.908	6.072.992	0	0	76.341
11	Pengukuran PLN SBKR (Des-2002)	4.445	983.469	5.936.431	965.424	6.901.855	-136.561
12	Pengukuran LPPM UNHAS (Mei-2004)	4.962	564.579	6.355.321	1.741.070	8.096.391	418.890
13	Pengukuran PLN SBKR (Jun-2005)	5.358	588.500	6.331.400	1.926.700	8.258.100	-23.921
14	Pengukuran PLN SBKR (Jun-2006)	5.723	593.710	6.326.190	1.618.420	7.944.610	-5.210

Sumber: Data PT. PLN Sektor Bakaru setelah diolah 2008

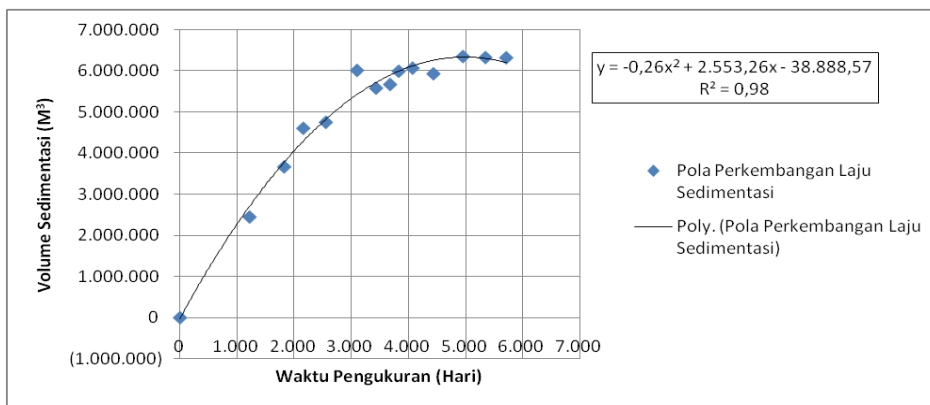


**Gambar 1. Hubungan Curah Hujan dengan Laju Sedimentasi di Waduk Bakaru**

Berdasarkan hasil analisis data regresi non linear dari tahun pengukuran (sebagai variabel X "bebas") terhadap laju sedimentasi (sebagai variabel Y "tidak bebas") dengan beberapa kali analisis regresi non linear yaitu dengan cara model regresi eksponensial, regresi berpangkat, regresi logaritma dan regresi berganda ternyata yang cocok adalah regresi polinomial. Hasil analisis diperlihatkan pada Gambar 2.

Pada Gambar 2 merupakan Model Perkembangan Laju Sedimentasi Di Waduk Bakaru Akibat Erosi Yang Terjadi Di Hulu Sub DAS Mamasa yang ternyata hasilnya adalah berkembang secara Polinomial Orde-2 yaitu :  $Y = -0.26X^2 + 2.553,26X - 38.888,57$  dengan

koefisien determinasi ( $R^2 = 0,98$ ) artinya pengaruh variabel X (waktu pengukuran) terhadap laju sedimentasi (variabel Y) adalah 98% sedangkan sisanya 2% ditentukan oleh variabel lain. Model tersebut telah diuji dengan tingkat kepercayaan 95% diterima dengan derajat kebebasan  $n-2 = 14-2 = 12$ , untuk uji dua arah diperoleh  $t_a = 2,179$  dengan demikian batas daerah kepercayaan adalah  $\hat{Y} - t_a \cdot SEY < \hat{Y} < \hat{Y} + t_a \cdot SEY$  dengan Standar Deviasi  $SEY = 235.994$ , maka diperoleh  $\hat{Y} \pm 514.231$  selanjutnya dimasukkan ke Tabel 2 yang merupakan batas daerah kepercayaan.

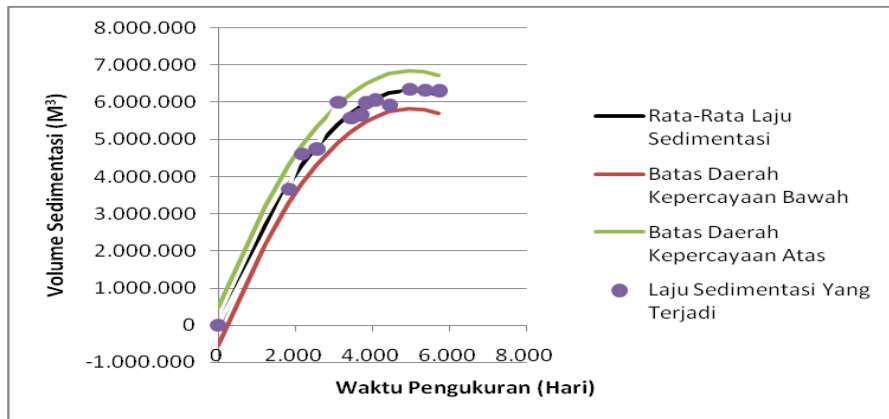


Gambar 2. Pola Perkembangan Laju Sedimentasi di Waduk Bakaru

Tabel 2. Batas Daerah Kepercayaan Laju Sedimentasi di Waduk Bakaru

Pengukuran (Bln-Thn)	(Hari)	Rata-rata( $\hat{Y}$ )	Batas Daerah Kepercayaan	
Sep-90	0	-38.889	-553.120	- 475.343
Feb-94	1.220	2.695.480	2.181.249	- 3.209.711
Okt-95	1.827	3.772.354	3.258.122	- 4.286.585
Sep-96	2.163	4.287.425	3.773.194	- 4.801.656
Okt-97	2.558	4.819.104	4.304.873	- 5.333.335
Apr-99	3.105	5.423.614	4.909.383	- 5.937.845
Mar-00	3.440	5.718.279	5.204.048	- 6.232.510
Nop-00	3.685	5.897.442	5.383.211	- 6.411.673
Apr-01	3.836	5.992.575	5.478.344	- 6.506.806
Des-01	4.080	6.121.653	5.607.422	- 6.635.884
Des-02	4.445	6.257.899	5.743.668	- 6.772.130
Mei-04	4.962	6.334.278	5.820.047	- 6.848.509
Jun-05	5.358	6.300.327	5.786.096	- 6.814.558
Jun-06	5.723	6.198.005	5.683.774	- 6.712.237

Sumber: Hasil Analisis Uji Dua Sisi Model Regresi Polinomial Orde-2, 2008



Gambar 3. Batas Daerah Kepercayaan Laju Sedimentasi Berdasarkan Waktu Pengukuran

Selanjutnya data pada Tabel 2 digambarkan perkembangan laju sedimentasi (Y) dari nilai rata-ratanya, nilai batas daerah kepercayaan bawah dan atas berdasarkan waktu pengukuran (X) yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 3.

Pada Gambar 3 dapat dilihat dengan jelas yang berada di dalam batas daerah kepercayaan adalah 13 titik sampel atau 92,86% dari 14 titik sampel ini membuktikan bahwa koefisien determinasi  $R^2 = 0,93$  diperoleh secara analitis dan secara grafis diperoleh  $R^2 = 0,98$  berarti model yang diperoleh berkembang secara Polinomial adalah betul dan sangat signifikan.

### 3.2 Pembahasan

Berdasarkan temuan peneliti yang terlihat Tabel 8 dan Gambar 15 memperlihatkan adanya kenaikan dan penurunan laju sedimentasi yang sangat dipengaruhi oleh curah hujan, hal ini sejalan dengan pendapat Arsyad (2000) yang menyatakan bahwa air yang merupakan penyebab utama terjadinya erosi dan proses erosi oleh air merupakan kombinasi dari dua sub-proses, yaitu (proses 1) penghancuran struktur tanah menjadi butir-butir primer

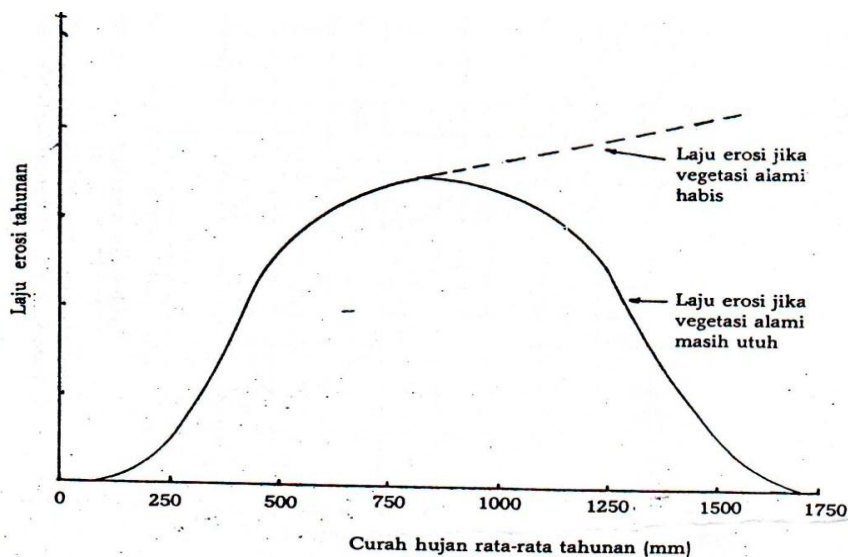
oleh energi tumbuk butir-butir hujan yang menimpa tanah dan perendaman oleh air yang tergenang (proses dispersi), dan pemindahan (pengangkutan) butir-butir tanah oleh percikan hujan, dan (proses 2) penghancuran struktur tanah diikuti pengangkutan butir-butir tanah oleh air yang mengalir di permukaan tanah dan temuan itu didukung pula oleh Asdak (2002) yang menyatakan bahwa besarnya sedimen yang masuk sungai dan besarnya debit ditentukan oleh faktor iklim (curah hujan), topografi, geologi, vegetasi dan cara bercocok tanam di daerah tangkapan air yang merupakan asal datangnya sedimen. Selanjutnya banyak peneliti seperti Fournier (1972) dalam Rahim (2003) menyepakati bahwa intensitas hujan merupakan karakteristik hujan yang paling erat korelasinya dengan jumlah tanah yang tererosi.

Hasil temuan peneliti yang utama mengenai pola perkembangan laju sedimentasi yang terjadi di waduk Bakaru ditemukan berkembang secara Polinomial, sebesar  $Y = -0,26X^2 + 2.553,26X - 38.888,57$  dengan koefisien determinasi ( $R^2$ ) = 0,98 dan pola tersebut telah diuji dengan besarnya standar deviasi yang diperkenankan dalam batas daerah kepercayaan jadi pola

perkembangan tersebut sangat nyata dan diterima. Hasil temuan peneliti sependapat dengan Arsyad (2000), bahwa proses erosi bersifat tidak linear dan erosi yang terjadi dapat meningkatkan aliran permukaan oleh karena berkurangnya kapasitas infiltrasi tanah. Jumlah aliran permukaan yang meningkatkan mengurangi kandungan air tersedia dalam tanah sehingga mengakibatkan pertumbuhan tumbuhan menjadi kurang baik. Berkurangnya pertumbuhan berarti berkurangnya sisa-sisa tumbuhan yang kembali ke tanah dan berkurangnya perlindungan, yang akhirnya mengakibatkan erosi menjadi lebih besar. Selanjutnya besarnya erosi juga berkaitan dengan banyaknya aliran permukaan, maka dengan meningkatnya aliran permukaan, maka erosi juga meningkat. Proses tersebut berkembang secara eksponensial. Dasar teori inilah yang mendasari peneliti melakukan analisis non regresi dengan pola eksponensial terhadap laju sedimentasi tapi ternyata tidak

signifikan dan ditolak, sehingga peneliti melakukan analisis dengan pola polinomial dan ternyata signifikan dan dapat diterima. Diperjelas lagi oleh Arsyad (2000), yang menyatakan bahwa keadaan iklim menentukan kecenderungan erosi semakin meningkat, karena mencerminkan tidak saja besarnya dan intensitas hujan yang terjadi akan tetapi juga jenis dan pertumbuhan vegetasi serta jenis tanah, seperti diperlihatkan pada Gambar 4 berikut ini, dan hasil wawancara peneliti dengan pihak PLTA Bakaru ternyata hal inilah yang mendasari melakukan program penghijauan di DAS Mamasa.

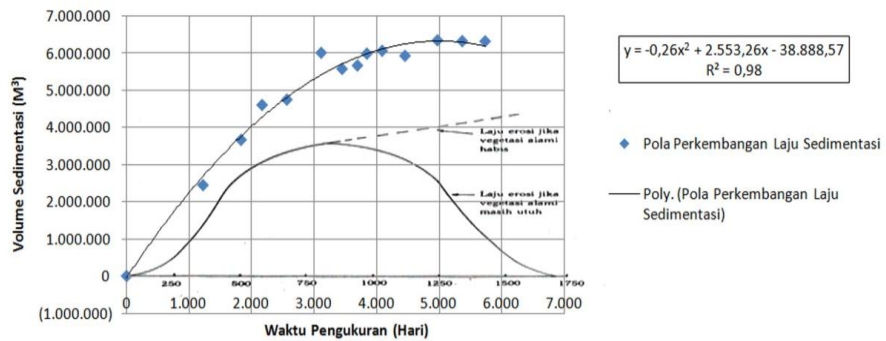
Selanjutnya hasil temuan peneliti mengenai pola perkembangan laju sedimentasi yang berkembang secara polinomial (Gambar 2) jika dioverlay dengan Gambar 4 mengenai hubungan antara tingkat erosi dengan curah hujan tahunan maka hasilnya akan memperlihatkan apakah laju erosi semakin meningkat atau tidak, hal itu akan terjawab pada Gambar 5.



Gambar 4. Hubungan antara Tingkat Erosi dengan Curah Hujan Tahunan (Hudson, 1973 dalam Arsyad, 2000)



*Model Perkembangan Laju Sedimentasi di Waduk Bakaru Akibat Erosi yang Terjadi  
Di Hulu Sub DAS Mamasa Propinsi Sulawesi Selatan  
(Abdul Wahid)*



Gambar 5. Hasil Overlay Pola Perkembangan Laju Sedimentasi Terhadap Hubungan Antara Tingkat Erosi dengan Curah Hujan Tahunan



Gambar 6. Kawasan Hutan Yang Rusak, Penambangan Batu, dan Pembuatan Tapak Rumah disepanjang Alur Sungai Mamasa

Ternyata hasil analisis overlay, peneliti menemukan bahwa di DAS Mamasa terjadi peningkatan laju erosi karena vegetasi alami sudah hampir habis, hal ini sejalan dengan temuan peneliti berdasarkan hasil survei yang dilakukan di DAS Mamasa dimana ditemukan vegetasi di hulu DAS Mamasa didominasi oleh semak/belukar, kebun campuran, dan sawah, dan ada juga tumbuh tanaman pinus di beberapa tempat yang diselingi vegetasi pohon lokal seperti liasa, nyato, cempaka dan tomako.

Hasil temuan peneliti sejalan dengan Saiman (2003), diperoleh rata-rata laju erosi tanah di DAS Mamasa mencapai 382,48 ton/ha/tahun dimana hasil tersebut melebihi nilai TSL (*Tolerable Soil Loss*) sebesar 22,17 ton/ha/tahun. Temuan ini sejalan Paembonan (2002), menyatakan erosi yang terjadi di DAS Mamasa berasal dari kawasan hutan yang rusak, dan terjadinya longsor tebing sungai akibat kegiatan pembangunan. Dan diperkuat lagi oleh Ridho (2005), menemukan proses pendangkalan waduk akibat tidak langsung dari kondisi DAS yang sangat tergantung kepada *plant coverage area* yang rendah dapat mengakibatkan sedimentasi yang terjadi akan tinggi dan konsekwensi mengganggu aktivitas PLTA. Temuan peneliti juga sejalan dengan Balibangda (2005), menyatakan kondisi Dam Bakaru sangat dipengaruhi oleh erosi yang terjadi di DAS Mamasa berasal dari kawasan hutan yang rusak, areal pertanian, longsor dari kegiatan pembangunan jalan, penambangan batu, pembuatan tapak rumah dan kegiatan sepanjang alur sungai seperti terlihat dengan jelas pada Gambar 6.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

##### 4.1 Kesimpulan

Model perkembangan laju sedimentasi di waduk Bakaru ditemukan berkembang secara Polinomial ( $Y = -0,26X^2 + 2.553,26X - 38.888,57$ ) dengan

koefisien determinasi ( $R^2$ ) adalah 0,98 artinya pengaruh variabel waktu pengukuran (X) terhadap variabel laju sedimentasi (Y) sebesar 98%, sedangkan sisanya 2% ditentukan oleh variabel luar, sedangkan Akibat Erosi Yang Terjadi di Hulu Sub DAS Mamasa berkembang secara Eksponensial (Arsyad, 2000).

##### 4.2 Saran-saran

- 1) Pemerintah daerah yang terkait dengan DAS Mamasa perlu melakukan kajian-kajian didalam upaya penanggulangan lahan kritis di DAS tersebut khususnya pada daerah-daerah strategis dan potensial memberikan erosi yang terbesar.
- 2) Dalam rangka pelestarian waduk ke depan pihak PT. PLN (Persero) Wilayah Sulawesi Selatan, Tenggara dan Sulawesi Barat dan sektor PLTA Bakaru perlu bekerjasama dengan masyarakat lokal, sehingga stabilitas waduk bisa lestari agar fungsi pembangkit listrik tenaga air tetap optimal dalam mendukung tumbuhnya pembangunan Industri kedepan dan dapat dipertahankan sesuai dengan kapasitas produksi energi listrik sebesar 126 MW.
- 3) Perlu ada kebijakan pemerintah provinsi dan daerah kabupaten yang terkait untuk menangani masalah sedimentasi di DAS Bakaru sebagai akibat adanya kebijakan sektor energi listrik yang terus digulirkan pemerintah pusat dalam Surat Keputusan Bersama (SKB) lima menteri tentang pengalihan hari kerja, dan kini pemerintah pusat kembali menyiapkan SKB dua menteri untuk menyasar pelanggan bisnis dalam hal penghematan listrik.

#### 5. Daftar Pustaka

- Arsyad, S., 2000. *Konservasi Tanah dan Air*. Cetakan Ketiga. Penerbit IPB/IPB PRESS: Bogor.
- Asdak, C., 2002. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran*

- Sungai. Cetakan Kedua. Gajah Mada University Press: Yogyakarta.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah (Balitbangda) Pemerintah Propinsi Sulawesi Selatan, 2005, *Quick Research Report Kondisi Eksisting DAM Bakaru Terhadap Ketersediaan Energi Listrik di Sulawesi Selatan*, Makassar.
- Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Daerah (BAPEDALDA) Pemerintah Propinsi Sulawesi Selatan, 2002, *Kajian Sedimentasi, Analisis Sumber Sedimentasi dan Upaya Penanggulangan Pendangkalan Dam Bakaru Provinsi Sulawesi Selatan*, Makassar.
- Departemen Permukiman dan Pengembangan Wilayah Direktorat Jenderal Pengembangan Perdesaan Proyek Penanggulangan Darurat Akibat Bencana Banjir Bagian Proyek Pengembangan dan Rekayasa Sabo 2000. *Manual Perencanaan Sabo*. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C 2006. *Mekanika Tanah 1*. Edisi 4. Gajah Mada University Press: Yogyakarta.
- Hartayasa, Made. ([made\\_hartayasa@yahoo.com](mailto:made_hartayasa@yahoo.com)). 24 Juli 2008. Peta Waduk PLTA Bakaru. E-mail kepada Abdul Wahid ([mywahid\\_78@yahoo.com](mailto:mywahid_78@yahoo.com)).
- Kirkby M.J., Bissonais Y. Le., Coulthard T.J., Daroussin J., and McMahon M.D., 2000. The Development Of Land Quality Indicators For Soil Degradation By Water Erosion. (<http://www.elsevier.com/locate/agree>).
- Komite Nasional Indonesia Untuk Bendungan Besar (KNI-BBI), 2004. *Bendungan dan Kepedulian STAKEHOLDERS terhadap*
- Pengendalian Lingkungan*. Auditorium PT. PLN (Persero), Jakarta.
- Linsley, JR. R.K., Kohler M.A., and Paulus J.L.H., 1989. *Hidrologi untuk Insinyur*, Edisi Ketiga. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Mappangaja, B. 1994. *Beberapa Indikator Penilaian Kualitas DAS di Sulsel Berdasarkan Analisis Debit Sungai dan Muatan Sedimen*. Univesitas Padjadjaran Bandung..
- Maryono, A., 2000. *Eko-Hidraulik Pembangunan Sungai, Menanggulangi Banjir dan Kerusakan Lingkungan Wilayah Sungai*. Penerbit Magister Sistem Teknik, Program Pascasarjana Universitas Gajah Mada.
- Morgan, R.P.C. 1988. *Soil Erosion And Conversation*. Longman Sci, and Tech. Essex. England.
- Munir A., Abdullah M.N., and Marutani T., 2000. *Spatial and Temporal Base Erosion Model (STEM) for Large Watershed Management*. Laboratory of Watershed Environmental Science and Technology, Kyushu University, Fukuoka812-5851, Japan.
- Paembonan, S., 1979. *Evaluasi Pelaksanaan Program Penyelamatan Hutan, Tanah, dan Air di Sub DAS Malino, DAS Sa'dan, Propinsi Sulsel*. Tesis Pasca Sarjana, IPB.
- Paembonan, S., 1982. *Analisis Sistem Biofisik Daerah Aliran Sungai Studi Kasus Derah Aliran Sungai Sa'dan Di Sulawesi Selatan*. Disertasi Pasca Sarjana, Insitut Pertanian Bogor.
- Pattanapanchai M., Shah Farhed, and George Annandale, 2002. *Sediment Management in Flood Control Dams*. E-Mail: [map\\_94001@uconnvm.uconn.edu](mailto:map_94001@uconnvm.uconn.edu).

- PLN. July 1982. *Bakaru Hydroelectric Power Project Implementation Program*. NEWJEC The New Japan Engineering Consultants, Inc. Osaka Japan.
- PLN. November 1992. *Completion Report on Bakaru Hydroelectric Power Project Part I – Civil and Metal Work*. Executive Summary Consulting Engineers NEWJEC Inc. Osaka Japan In Association With PT. Indra Karya, and PT. Citaconas Jakarta, Indonesia.
- PLN. Oktober 1982. *Laporan Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan PLTA Bakaru*. Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Ujung Pandang.
- PT. PLN (Persero) Wilayah Sultra Sektor Bakaru, 2005. *Laporan Pengukuran/ Penelitian Pendangkalan/Sedimentasi dan Kualitas Air Waduk PLTA Bakaru*. Makassar.
- PT. PLN (Persero) Wilayah Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara dan Sulawesi Barat, 2007. *Laporan Penyebaran Endapan Pasir Kwarsa Di Sekitar Kawasan PLTA Bakaru*. Makassar.
- Ridho A., 2005. *Pendangkalan Danau dan Waduk: Proses, Konsekwensi dan Penanganannya*. Jurnal Alami, Vol.10 Nomor 1: 14-18. Jakarta.
- Shirley LH., 1987. *Geoteknik dan Mekanika Tanah (Penyelidikan Lapangan dan Laboratorium)*. Penerbit Nova, Bandung.
- Soewarno, 1995. *Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Hidrologi*. Jilid 1 dan Jilid 2, Penerbit Nova, Bandung.
- Supirin and Munir A., 1997. *Study of Land Use Risks to Sediment Yields at the Wonogiri Catchment Area, Indonesia from 1980 until 1994*. Makalah disajikan dalam International Workshop
- “Experiences With Soil Erosion Models” October 6-8, 1997, Prague, Czech Republic.
- Tikno S, 2001. *Inventarisasi Tingkat Bahaya Erosi dan Usaha Konservasi Tanah dan Air Untuk Menunjang Pengembangan Wilayah*. Jurnal Alami, Vol.6 Nomor 1: 15-20. Jakarta.
- Tjakrawarsa G. dan Hadinugroho H.Y.S, 2003. *Nilai Ekonomi Erosi, Sedimentasi dan Jasa Air Studi Kasus di Sub DAS Jeneberang Hulu, Sulsel*. Jurnal Alami, Vol.8 Nomor 1: 32-39. Jakarta.
- Wahid A., 2006. *Analisis Karakteristik Sedimentasi Di Waduk PLTA Bakaru Dalam Upaya Menanggulangi Krisis Energi Listrik di Provinsi Sulsel dan Sulbar*. Jurnal Sains dan Teknologi Vol.6, No.2. (<http://www.pascaunhas.net/jurnal.pdf>)
- Wahid A., 2007. *Identifikasi Kondisi Sedimentasi di Waduk PLTA Bakaru*. Jurnal Sains dan Teknologi Seri Ilmu-Ilmu Pertanian Vol. 7, No. 1. (<http://www.pascaunhas.net/jurnal.pdf>)
- Wahid A., 2007. *Analisis Karakteristik Sedimentasi Di Waduk PLTA Bakaru*. Jurnal Hutan dan Masyarakat Vol. II, No. 2. Laboratorium Kebijakan dan Kewirausahaan Kehutanan Universitas Hasanuddin (<http://www.pascaunhas.net/jurnal.pdf>)
- Wesley, L.D, 1977. *Mekanika Tanah*. Badan Penerbit Pekerjaan Umum (Edisi ke VI), Jakarta.